

技术方法

# 地面与井下瞬变电磁法联合探测煤矿富水区域

钟声

(山东泰山地质勘查公司, 山东 泰安 271000)

**摘要:**煤层附近的富水区严重威胁着煤矿的生产安全,在1171工作面巷道采掘过程中,前方出水量明显增大,为避免水害发生,整个工作面开展瞬变电磁测量工作。对比地面与井下瞬变电磁结果,两者对于富水区域结果是相同,联合探测降低了物探资料多解性问题,大大提高了勘探精度,为煤矿防治水构造提高了可靠的水文地质资料。

**关键词:**瞬变电磁法;富水性;煤矿水害;防治水;井下

**中图分类号:**TD741;P631.325 **文献标识码:**B

**引文格式:**钟声.地面与井下瞬变电磁法联合探测煤矿富水区域[J].山东国土资源,2016,32(7):71-74.ZHONG Sheng. Exploration of Water-rich Region in Ground and Underground Coal Mine by Using Transient Electromagnetic Method[J].Shandong Land and Resources, 2016,32(7):71-74.

## 1 概况

鱼卡煤田位于柴达木盆地北缘,介于南侧的绿梁山与北侧的达肯大坂山隆起之间,为一呈NW向展布的狭长盆地,属柴达木准地台柴北缘残山断褶带的一部分。鱼卡煤田尕秀区段为陆相山前拗陷盆地型,以煤层厚度巨大,可采储量集中为特点。

矿1171工作面所采煤层为石门沟组中下段和大煤沟组7层煤。其中煤5位于石门沟组下部,可采厚度0.83~1.70 m,平均1.30 m,局部可采,夹矸0~2层,夹矸为炭质泥岩或泥岩,煤层顶板为粗砂岩,底板为粉砂岩;煤6位于大煤沟组上部,可采厚度1.31~9.10 m,平均6.27 m,局部可采,结构复杂,夹矸1~6层,夹矸大部为炭质泥岩,偶为泥岩,顶板为含砾粗砂岩,底板为细砂岩;煤7位于大煤沟组底部,可采厚度4.80~105.83 m,平均19.34 m,全区可采,夹矸多层,煤层分层不易对比,具有多向分岔的特点,该煤层属稳定煤层,但厚度变化较大,煤层顶板为细砂岩、粗砂岩,底板为含砾砂岩。

7煤层为该次工作的主要研究对象。巷道采掘至该次物探工作迎头位置时,前方出水量明显增大,为避免水灾水害事故发生,保证工作面安全回采,应

对矿区进行赋水性探测研究,圈定富水区域,指导下一步探放水工程,降低水害发生的可能性。

## 2 水文地质情况

青海省大柴旦鱼卡煤田1171工作面水的主要来源是该煤层顶、底板含水层的承压裂隙水。煤7顶板含水层在井田内广泛分布,煤7顶板岩性以粗粒砂岩、含砾岩砂岩为主。裂隙节理发育,成分以石英为主,粗砂岩分选中等,遇水疏松。该层平均厚度50 m,厚度由西向东变薄,钻孔抽水统计结果,单位涌水量为0.017 L/sm,渗透系数( $k$ )为0.024 m/d,水位标高3 157.42 m,高山含水层6.37 m,该含水层属承压裂隙含水层,水质为Cl+SO<sub>4</sub>-Na型水。

基岩裂隙岩类煤5顶板含水层和煤7顶板含水层之间有泥岩等隔水层相隔,隔水性较好,基本上不会发生水力联系。

## 3 地面与井下联合勘探

### 3.1 勘探方法

瞬变电磁法具有勘探深度大、抗干扰能力强、分辨力高、施工效率高等优点,被广泛应用于矿产勘查及水文、工程勘察等领域<sup>[1-13]</sup>。井下瞬变电磁勘探

收稿日期:2015-08-05;修订日期:2015-09-21;编辑:曹丽丽

作者简介:钟声(1969—),男,高级工程师,山东栖霞人,主要从事研究领域为电磁法勘探;E-mail:zhongsheng827@163.com

时富水区段显示电性低阻,可以预测突水风险。工作面回采前,分别对工作面上、下巷进行了瞬变电磁垂探和内侧俯探。

### 3.2 试验

为了取得较好的勘探效果,在正式探测前进行了多次实验来确定仪器设备的参数设置。现场测试试验地点选在该露天矿某一已揭露钻孔实验,经测试确定了较合理的施工参数。具体内容如下:

(1)发射边框大小:7 煤层在大约 150~200 m,考虑到地形和施工效率因素,选用了 240 m×240 m,发射边框比较适合该区,各边框衰减曲线光滑连续。

(2)发射频率:25 Hz 的衰减曲线形态较好,外部的强烈干扰而尾部道干扰较小。

(3)发射电流:电流为 11 A 时,衰减曲线尾部相对较为平滑,能够有效地压制背景干扰噪声,提高探测分辨率。

(4)其他参数:增益为 1,其他参数随频率变化由仪器内部设置自动调节变化。

### 3.3 地面瞬变电磁

对地面数据进行处理、分析,形成了各测线的综合视电阻率断面图,利用软件 BETEM 进行反演,得到视电阻率-深度数据,并抽取 7 煤层上 10 m、7 煤层附近、7 煤层下 25 m 视电阻率顺层切片平面组合图,如图 1 所示。

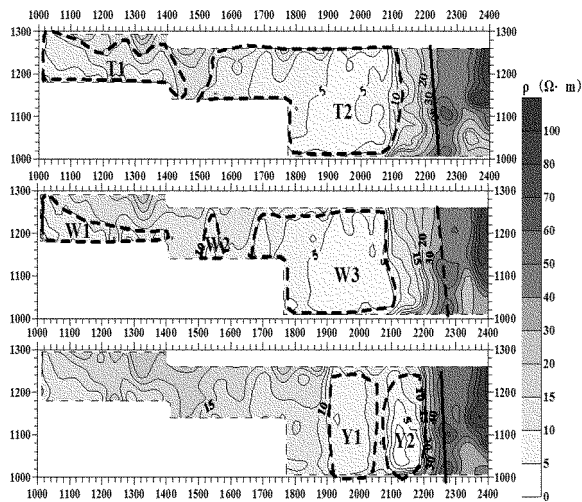


图 1 7 煤层上 10m、7 煤层、7 煤层下 20m 视电阻率顺层切片平面组合图

根据视电阻率等值线的梯度变化、范围、各测线的低阻异常的分布、在平面上的连通情况,并结合已知资料(在 L1000~L1960 线预计存在两块积水区域

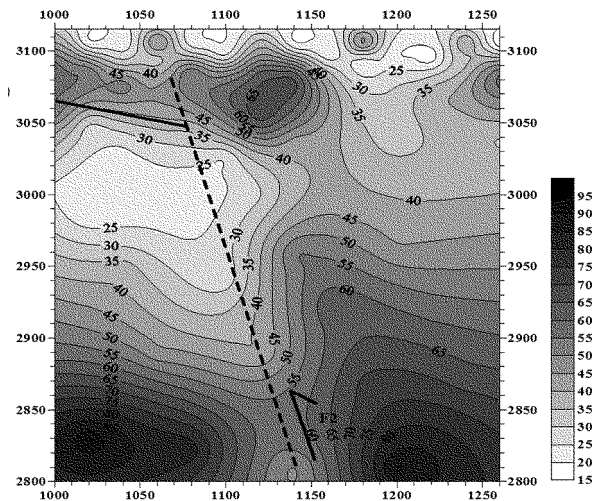


图 2 L2260 线瞬变电磁法视电阻率断面图

以及塌陷范围),该范围内的褶皱比较发育,圈定了 7 煤层附近的富水区,该区域视电阻率整体均小于  $15 \Omega \cdot \text{m}$ ,长约 1 100 m,宽 50~250 m,面积约为  $98\,327 \text{ m}^2$ 。在 L1500~L1700 段,视电阻率等值线梯度变化较大,推断该位置裂隙发育,含水性较强。

在 7 煤层上 10 m 断面图,圈出两块视电阻率小于  $10 \Omega \cdot \text{m}$  的区域,分别标记为 T1, T2,面积约为  $15\,000 \text{ m}^2$ ,其中 T2 为强富水区;在 7 煤层附近位置断面图,圈出存在 3 块视电阻率小于  $10 \Omega \cdot \text{m}$  的区域,分别标记为 W1, W2, W3,总面积  $98\,300 \text{ m}^2$ ,其中 W3 富水区的视电阻率值最低,应该引起高度重视;在 7 煤层下 25 m 断面图,圈出 2 块视电阻率小于  $10 \Omega \cdot \text{m}$  的区域,分别标记为 Y1, Y2,面积约为  $60\,000 \text{ m}^2$ ,两处皆为强富水区。

W1 与 T1 富水区平面位置相对应, T1 较 W1 面积更大,富水更强,在煤层底板相应位置富水面积变小,结合地质资料可知该范围内褶皱发育,张裂隙发育充水。W2, W3 两处富水区在煤层顶板时合并为 T2 一个大的富水区,在面积与富水强度上都有所增加,在煤层底板处分成 Y1, Y2 两个小的富水区,富水强度有所减小,结合地质资料可知,此范围内的褶皱发育,裂隙发育充水。目前巷道出水来源主要是顶板砂岩,采空区积水通过导水裂隙也进行一定的水源补充,随着巷道向前掘进,顶板砂岩裂隙出水量会增加。

图 2 为图 1 右侧断层,对测线 L2260 线进行分析,等值线形态变化紊乱,高低阻相间分布;在测线中部存在一条 U 字形梯度变化带,电阻率值相对较

低,数值在  $25 \sim 50 \Omega \cdot m$  之间,视电阻率等值线梯度变化大。结合已知资料,该位置为已知逆断层 F4 的反映,该逆断层下部含水,导水性相对较好。

### 3.4 井下瞬变电磁

在井下开展了 2 个不同平面的超前探测,2 个探测平面相互垂直,其中一个平面是沿巷道掘进方向,该平面和巷道底板平行;另一平面是沿巷道轴线竖向平面,即探测平面和巷道底板垂直。

图 3、图 4 为在 1171 综放工作面迎头两个不同方位探测所绘制的视电阻率断面图。从水平断面图可以看出:0~30 m 范围为受环境干扰的工作盲区,在 40~80 m 范围内的巷道左存在相对低阻条带,为顶板砂岩,裂隙发育,富水性强;在巷道右侧的电阻率等值线梯度变化带,电阻率值较大,富水性较差,为煤层及底板。

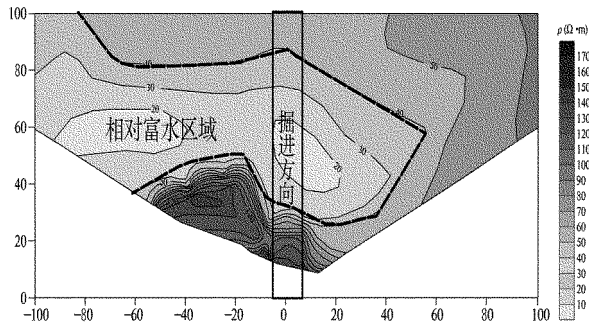


图 3 迎头超前探(水平方向)

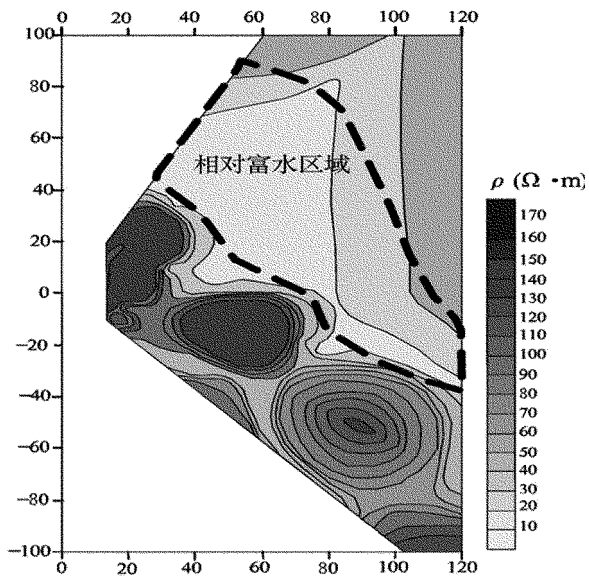


图 4 迎头超前探(垂直方向)

从垂向上探测断面图来看,在 0~30 m 范围内的高阻异常为受环境干扰的工作盲区;拟掘巷道

部以及前方 40~80 m 位置,即黑色虚线圈画区域,推断为顶板砂岩含水区和顶板含水区。在前方 100~120 m 范围内受现场干扰因素的影响,数据可靠性较差。因此,在掘进过程中,应密切注视掘进时的异常情况,做好探放水工作,保障矿井安全生产。

探测有效范围内,在掘进巷道正前方 40~80 m,上方 10~80 m,顶板砂岩裂隙发育,含水性强,存在一定的静储量,富水性强。

## 4 井上与井下瞬变电磁对比

图 5 为井下瞬变电磁 L1 线侧帮视电阻率的成果图。在距离侧帮 40~60 m 位置,存在横向上的 2 个相对低电阻率条带分别命名为富水体 1 和富水体 2,推断该位置相对富水。图 6 为在 L1 顶板探测的成果图。在距离侧帮 30~100 m 位置,存在低电阻率闭合圈异常或低阻条带异常,推断该低电阻率位置相对富水。在图 6 中用 3 条虚线进行画出,结合地质资料可知,前两条斜虚线所在位置为褶皱发育位置,构造裂隙发育充水所致;水平虚线位置为两个向斜构造的平稳过渡地段,地层稳定,连续性较好,是顶板含水层。

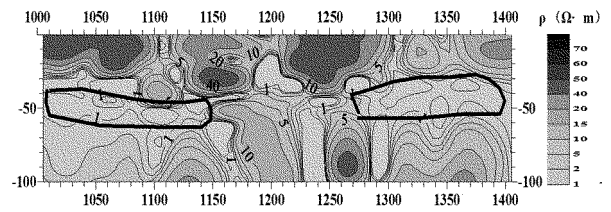


图 5 L1 侧帮视电阻率

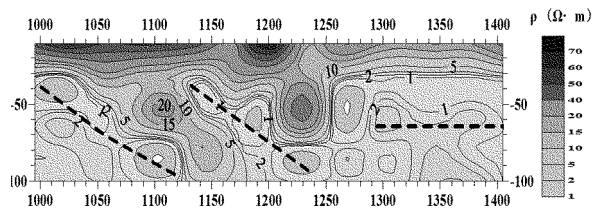


图 6 L1 顶板视电阻率

图 7、图 8 分别为富水体 1、2 在地面瞬变电磁法探测结果。结合地质资料可知,富水体 1 所处的位置为背斜构造的两翼,是良好的储水构造,富水体 2 所处位置褶皱发育,距离南侧圈画的顶板富水区边界很近,推断为右帮砂岩含水,与地面物探成果相吻合。

## 5 结论

利用地面与井下瞬变电磁资料相结合的技术,

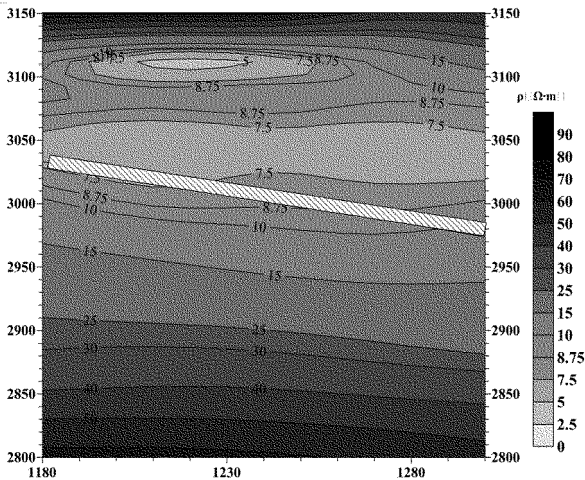


图 7 L1040 线视电阻率断面图

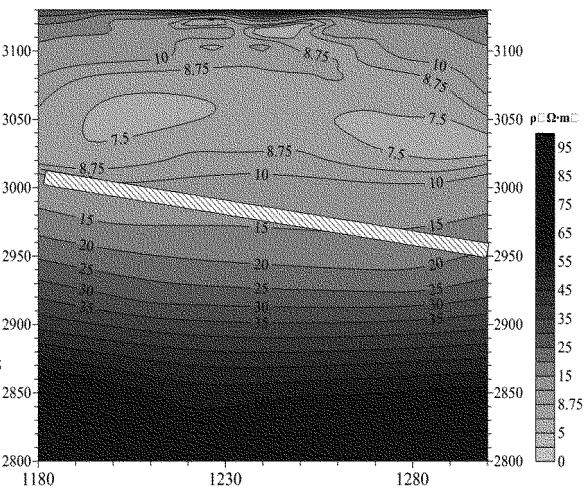


图 8 L1220 线视电阻率断面图

可在地面瞬变电磁断面图中清晰分辨逆断层 F4,且逆断层下部含水,导水性相对较好。探测有效范围内,在掘进巷道正前方 40~80 m,上方 10~80 m,顶板砂岩裂隙发育,含水性强,存在一定的静储量,富

水性强,随着掘进在达到 T2 中心部位(视电阻率阻值最低部位)顶板出水量有变大趋势。探测结果与已知资料吻合,对 7 煤层附近及顶底板富水性探测结果较好,为提高煤矿防治水构造提供了可靠的水文地质资料。

## 参考文献:

- [1] 范亮,钱荣毅.瞬变电磁法在煤矿采空区的应用研究[J].工程地球物理学报,2011,8(1):29-33.
- [2] 刘树才,刘志新,姜志海.瞬变电磁法在煤矿采区水文勘查中的应用[J].中国矿业大学学报,2005,34(4):414-417.
- [3] 李貅,郭文波,李毓茂.瞬变电磁法在煤田矿井涌水通道勘查中的应用[J].西安工程学院学报,2000,22(3):35-38.
- [4] 韩自豪,魏文博,牛立军,等.瞬变电磁资料砂岩赋水性定量解释[J].山东科技大学学报:自然科学版,2007,(3):5-7.
- [5] 阎述,傅君眉,李正斌,等.瞬变电磁法探测地下洞体的有效性[J].煤田地质与勘探,1999,27(2):64-68.
- [6] 孔祥贵,杨卫亮,张伟强.瞬变电磁法在查明断层陷落柱含水性中的应用[J].山东国土资源,2014,30(3):82-85.
- [7] 姜志海,岳建华,刘志新.矿井瞬变电磁法在老窑水超前探测中的应用[J].工程地球物理学报,2007,4(4):291-294.
- [8] 于景邗,刘振庆,廖俊杰,等.全空间瞬变电磁法在煤矿防治水中的应用[J].煤炭科学技术,2011,39(9):110-113.
- [9] 刘衍高.矿井瞬变电磁法探测底板导(含)水构造[J].煤矿开采,2008,13(4):88-90.
- [10] 冯兵,孟小红,张斌,等.TEM 框内回线装置发射框边界影响及消除方法[J].煤田地质与勘探,2010,38(5):61-66.
- [11] 梁爽,李志民.瞬变电磁法在阳泉二矿探测积水采空区效果分析[J].煤田地质与勘探,2003,31(4):49-51.
- [12] 李云波,李好.矿井瞬变电磁法富水体超前探测原理及应用研究[J].矿业安全与环保,2013,40(2):69-72.
- [13] 基于 FLAC3D 数值模拟的老采空区剩余沉降量分析计算[J].山东国土资源,2015,31(7):56-59.

## Exploration of Water-rich Region in Ground and Underground Coal Mine by Using Transient Electromagnetic Method

ZHONG Sheng

(Shandong Taishan Geologic Survey Company Shandong Tai'an 271000)

**Abstract:** Watery zones adjacent to coal seams are seriously imperiling coalmine's safety in production. In 1171 roadway of mining process, in front of a content was significantly increased, in order to avoid the water disaster, the whole working face to carry out transient electromagnetic measurement work. The results of the ground and underground transient electromagnetic field are the same, and the results are the same for the rich water area. The combined detection reduces the problem of multi solution of geophysical prospecting data. It can greatly improve the exploration precision. It can improve the reliability of the coal mine prevention and control.

**Key words:** TEM; rich aqueous; water hazards in coal mine; prevention and control of water; underground